

## **ЗБІЛЬШЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЦЕСУ ДІЯЛЬНОСТІ НА ОСНОВІ PROCESS MINING**

*Анотація:* Розглянуто задачу отримання актуальної моделі процесу діяльності у вигляді мережі Петрі та побудови ефективного розподілу ресурсів виконання .

*Ключові слова:* Process Mining, мережа Петрі, моделювання складних систем, розподіл ресурсів.

### **Вступ**

Дослідження процесів діяльності компаній для їх аналізу та оптимізації є надзвичайно важливою, проте досить трудомісткою процедурою, яка вимагає узгодженої діяльності, як системних аналітиків, так і фахівців предметної області.

З іншого боку сучасні інформаційні системи підтримки процесів діяльності в більшості своїй забезпечені журналами реєстрації подій. В журналах інформація автоматично зберігається і може бути використана для отримання актуальних знань про процеси діяльності. Наприклад, ERP-системи, такі як SAP реєструють всі транзакції. Бізнес для бізнесу (B2B) системи реєструють обмін повідомленнями з іншими сторонами, системи CRM загального призначення реєструють взаємодії з клієнтами [3]. У журналі подій зазвичай міститься інформація про події з посиланням на вид діяльності і випадок як екземпляр процесу. Розрізняють три ракурси подання процесу в журналі: Ракурс процесу «Як?», Організаційний ракурс «Хто?» і Ракурс примірника процесу «Що?» з фіксацією часу операції.

Процес видобування знань про процеси діяльності з журналів подій називається Process Mining. Він спрямований на використання даних журналів для побудови актуальних моделей процесів діяльності, які в подальшому можна застосувати для діагностики та поліпшення бізнес-процесів компаній. Ця інформація є доступною у режимі реального часу, що наразі дуже важливо для підтримки конкурентоздатності у сучасному турбулентному оточенні бізнесу. Process Mining, таким чином, лежить між інтелектуальним аналізом даних та моделюванням і аналізом процесів.

Process Mining не обмежується виявленням процесів [1]. Зіставляючи дані про події та моделі процесів, можливо перевіряти відповідність, виявляти відхилення, здійснювати підтримку прийняття рішень і давати рекомендації. Таким чином, можна виділити три ключові підходи, які застосовує Process Mining:

- Видобування (Discovery). Передбачає побудову моделі на підставі записів про те, що відбувалося фактично.
- Перевірка відповідності (Conformance checking). Допомогає знайти відповіді на питання: де реальний процес відхиляється від очікуваного? Чому відбуваються подібні відхилення?
- Удосконалення (Enhancement). Відповідає на запитання: що потрібно поміняти в моделі, щоб покращити певні показники.

### **Постановка завдання**

Розглянемо задачу побудови актуальної моделі процесу діяльності, ідентифікації її параметрів та надання рекомендації що до покращення параметрів виконання процесу .

Основні проблеми, що існують досі в області Process Mining-у викладені ван дер Aalst (2004a), як:

1. Шум. Зареєстровані дані можуть бути неправильні або неповні через проблеми зі створенням або виникають в момент видобувається.
2. Приховані завдання. Завдання, які існують, але не можуть бути знайдені в даних.
3. Повторювані завдання. Два вузла процесу можуть стосуватися однієї і тієї ж моделі процесу.
4. Невільний вибір. Керований вибір, який залежить від вибору, зробленого в іншій частині моделі процесу.
5. Видобуток петель. Процес може бути виконаний в кількох разів, петлі можуть бути простими за участю одного або декількох подій або більш складним.
6. Різні перспективи. Події процесу можуть бути додані з додатковою інформацією для процесу виявлення.
7. Дельта Аналіз. Порівняння моделі процесу і еталонної моделі для перевірки схожості / невідповідності.
8. Візуалізація результатів. Результати виявлення процесу можуть бути представлені в графічній формі в термінах панелі менеджменту.

9. Гетерогенні результати. Доступ до інформаційних систем, заснованим на різних платформах.

10. Одночасні процеси. Видобуток процесів, що відбуваються в той же самий час.

11. Локальний / глобальний пошук. Локальні стратегії обмежують простір пошуку і менш складні, глобальні стратегії є складними, але мають більше шансів знайти оптимальне рішення.

12. Процес повторного виявлення. Вибір алгоритму виявлення, який може повторно виявити клас моделей процесу з повного журналу процесу.

Не дивлячись на те, що багато які з завдань процесу виявлення можуть бути вирішені за допомогою комбінації модифікованих підходів інтелектуального аналізу даних і призначених для користувача вбудованих алгоритмів, не існує єдиного підходу, який може вирішити всі проблеми, з якими стикаються в процесі виявлення. Багато існуючих алгоритмів інтелектуального аналізу користувальницьких процесів, як правило, вирішують тільки одну або дві проблеми. Найбільш широко до задач Process Mining застосовуються генетичні алгоритми. Такі підходи показали хороші результати в області зниження шуму і виявлення прихованих операцій. Спроб використовувати технології нейронних мереж для подібних завдань виявлення було менше, можливо, через їх складність.

На ринку представлений ряд комерційних інструментів для глибокого аналізу процесів. У їх числі Futura Reflect, Disco, ARIS Process Performance Manager, Interstage Business Process Manager, QPR ProcessAnalyzer.

Оберемо для дослідження найбільш відомий фреймворк, спеціально розроблений для Process Mining-у – ProM. Він має відкритий вихідний код і в якості вхідного формату використовує MXML. Отримуємо актуальну модель процесів в термінах мережі Петрі, а також модель організаційного виконання процесів. Мережі Петрі дозволяють із заданою точністю представляти розгалужені, паралельні, циклічні процеси, володіють засобами аналізу, а також моделювання в реальному масштабі часу.

У якості приклада предметної області для дослідження обрано систему виконання проектів з виготовлення програмного забезпечення, що виконується спеціалістами, що мають нечітку спеціалізацію та кваліфікаційне розмежування (senior, middle, junior) і ці ресурси є частково взаємозамінні.

Задачею є динамічна побудова розкладу призначень, який можна будувати за одним з наступних критеріїв: мінімальна вартість виконання завдань чи мінімальне навантаження на більш дорогі ресурси при дотриманні обмеження по прогнозованому поточному стану часової затримки на виконання наявної черги до операцій.

### Вирішення задачі

Для дослідження та оптимізації побудуємо часову функціональну мережу Перрі наступного вигляду[2] по даним Process Mining.

$$R \leq P, T, G, Q, \mu_0 >$$

де  $P = \{p_i\}$  - непушта множина позицій  $i = \overline{1, n}$  ;

$P' = \{p'_i\}, P' \subset P$  підмножина позицій, що позначають готовність завдань для операції  $i = \overline{1, i'}$  ;

$P'' = \{p''_i\}, P'' \subset P$  — підмножина позицій, що позначають наявні для виконання операцій ресурси  $i = \overline{1, i''}$ .  $P' \cap P'' = \emptyset$ .

$P''' = \{p'''_z\}, P''' \subset P''$  - множина наявних ресурсів по категоріях  $z = \overline{1, z''}$ , де  $z''$  - загальна кількість категорій.  $P''' = \bigcup P'''_z, \bigcap P'''_z = \emptyset$  ;

$T = \{t_j\}$  - непушта множина переходів  $j = \overline{1, m}$  , де  $m$  — кількість операцій процесу діяльності. Операції можуть бути згрупованими у блоки за вимогою до залучення ресурсів.

$G = \{G_{p't}, G_{t'p}\}$  - множина дуг мережі,  $G_{p't} = (p \times t), G_{t'p} = (t \times p)$  - відповідно від позицій до переходів та від переходів до позицій;  $G_{p't} \cap G_{t'p} = \emptyset$  ;

$$Q = \{q_g\} \text{ — ваги дуг } q_g = \overline{1, |G|}$$

Дуги, типу  $G_{p't}$ , що йдуть від позицій типу  $P'$  мають вагу 1, що відповідає готовності заявки на операцію.

Дуги, типу  $G_{p't}$ , що йдуть від позицій типу  $P''$  до переходів позначають вимогу до ресурсів (людино-дні) і мають нормативну вагу  $q'_{gj}$ , яку визначають як  $q'_{gj} = q_{gj}^{\min}$  мінімально необхідне залучення  $p'''$   $i$ -го типу ресурсу на операцію  $j$ . При виконанні процесу на моделі обирається конкретне залучення необхідного ресурсу  $q_{gj} = q_{gj}^{\min}$ . Вважатимемо, що планування виконується до десятих частин ресурсу, що

дає можливість залучити працівника на часткову участь. Залучення більше за 1 визначає необхідність залучити більше ніж одного працівника. У цьому випадку залучається необхідна кількість працівників повністю і додатково працівник частково. Кожному з ресурсів ставиться у відповідність вартість  $r_g$  в залежності від приналежності до категорії  $P''_z$ . При залученні на виконання операції  $n$  працівників до терміну виконання операції враховуємо затримку на комунікації між ними (Ричард Хекман)  $\lambda \times n(n-1) / 2$ , де  $\lambda$  — середній коефіцієнт витрат часу на одну комунікацію у відсотках до загального часу.

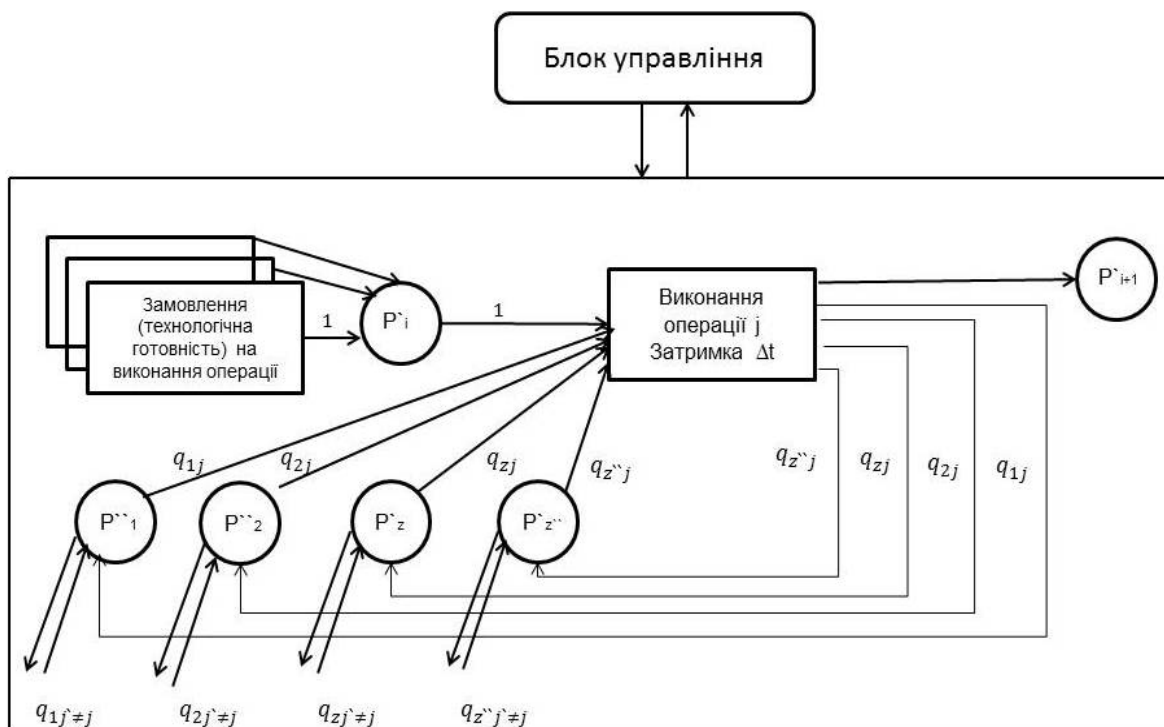
Для переходів додатково завдано значення терміну спрацьовування  $\Delta t_{gj}$  для кожної з можливих категорій ресурсів при їх повному виключному застосуванні. При застосуванні декількох одиниць ресурсів та з врахуванням різної категорії термін спрацьовування переходу буде  $\Delta t_j = \max_{g \in P''_j} (q_{gj} \Delta t_{gj}) + \max_{g \in P''_j} (q_{gj} \Delta t_{gj}) \times \lambda \times n_j (n_j - 1) / 2$ , де  $n_j = |P''_j|$  — потужність підмножини ресурсів, залучених для виконання  $j$ -ї операції;

$\mu_0$  — початкове маркування мережі. Для позицій  $P''$  початкове маркування відповідає наявності завдання на початку процесу. Маркування початкової позиції процесу діяльності збільшується за рахунок динаміки потоку заявок ззовні і зменшується за рахунок їхнього поступового відпрацювання. Для позицій  $P''$  початкове маркування відповідає наявним резервам ресурсів по категоріям.

Розглянемо типовий вузол моделі процесу діяльності, поданий на рисунку. При кожному такті роботи моделі такий вузол вирішує задачу призначення на одну з технологічно наступних за поточною операцію.

Для досягнення необхідного значення показника якості роботи системи пропонується крім моделі об'єкта управління створити модель системи управління. Модель системи управління включає в себе блок перевірки умов спрацьовування переходів і блок визначення значень параметрів проходження переходів. за інформацією про поточний стан елементів моделі об'єкта управління. Для цього в моделі системи управління передбачається зворотний зв'язок. Система управління отримує дані про кількість спрацьовувань кожного пере-

ходу ( $s[j]$ ), про сумарний час активності кожного переходу ( $t[j]$ ) і розподіл ресурсів для кожного переходу ( $Q[j]$ ).



Елемент моделі процесу діяльності

Блок управління діє на кожному такті  $k$  роботи моделі і виконує оптимальне призначення  $Q_k = F(s[t], t[j], Q[j])$  за критерієм мінімальної

вартості виконання процесу діяльності 
$$\sum_{j=1}^m s_j \Delta t_j \sum_{g=1}^{n_j} q_{gj} r_{gj} \rightarrow \min .$$

При розрахунку призначення для кожного такту  $k$  роботи моделі враховується обмеження  $\max_{p_i \in P^i} (\mu_{p_i, k} * \sum_{j=1}^m s_j t_j) \leq \Delta t^{max}$ ,

де  $\Delta t^{max}$  — максимально допустима черга на операцію в часовому вимірі,  $\mu_{p_i, k}$  — маркування позиції  $p_i$  на такті  $k$  роботи моделі.

Також актуальним при наявній легкості залучення більш дешевого ресурсу і складності отримання високо-кваліфікованого ресурсу

можна скористатися критерієм 
$$\sum_{j=1}^m s_j \Delta t_j \sum_{g=1}^{n_j} q_{gj} r_{gj} \rightarrow \min_{\Delta t_1} (\min_{\Delta t_2} (\dots (\min_{\Delta t_{z'}} \dots)))$$

при врахуванні обмеження на вартість виконання процесу/

### **Висновки**

В результаті створюється актуальна модель для діагностики процесів діяльності складної організаційної системи та збільшення ефективності розподілу людських ресурсів для різних вхідних потоків.

### **Список використаних джерел**

1. Van der Aalst, W. M. P. 2011. Process Mining: Discovery, Conformance and Enhancement of Business Processes, (1st Edition) Berlin; Heidelberg: Springer.
2. Котов, В. Е. Сети Петри / В. Е. Котов. – М.: Наука, 1984. – 160 с.